

**ANALISIS PEMELIHARAAN DAN PENENTUAN LETAK *ARRESTER*
PADA GARDU INDUK 150 KV MOJOSONGO**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

DIKI MAHENDRA

D400150094

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2021**

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS PEMELIHARAN DAN PENENTUAN LETAK *ARRESTER*
PADA GARDU INDUK 150 KV MOJOSONGO**

PUBLIKASI ILMIAH

Oleh:

DIKI MAHENDRA

D400150094

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing



Umar S.T. M.T

NIK. 731

HALAMAN PENGESAHAN

**ANALISIS PEMELIHARAAN DAN PENENTUAN LETAK ARRESTER
PADA GARDU INDUK 150 KV MOJOSONGO**

OLEH
DIKI MAHENDRA
D400150094

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Jum'at, 23 Juli 2021
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Umar S.T., M.T
(Ketua Dewan Penguji)
2. Aris Budiman S.T., M.T
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Agus Supardi S.T., M.T
(Anggota II Dewan Penguji)



Rois Fatoni, S.T., M.Sc., Ph.D

NIK. 892

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidak benaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 23 Juli 2021

Penulis



DIKI MAHENDRA

D400150094

ANALISIS PEMELIHARAAN DAN PENENTUAN LETAK *ARRESTER* PADA GARDU INDUK 150 KV MOJOSONGO UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

Abstrak

Gardu Induk adalah sistem kelistrikan yang berfungsi mengubah energi listrik untuk disalurkan ke konsumen. Dalam pengoperasian suatu gardu induk terdapat beberapa peralatan penting salah satunya adalah trafo, sehingga harus dipasang sistem proteksi pada trafo untuk meminimalisir terjadinya gangguan. Sistem proteksi mempunyai peranan penting untuk keberlangsungan serta keamanan penyediaan tenaga listrik di gardu induk. Sistem *proteksi* digunakan untuk melindungi sistem tenaga dan peralatan itu sendiri dari surja petir dan hubung singkat. Untuk menjaga keandalan dan memastikan operasi normal *arrester*, diperlukan perawatan rutin sesuai dengan prosedur. Selain itu, penempatan *arrester* juga mempengaruhi kinerja *arrester* untuk melindungi peralatan dari gangguan surja petir atau tegangan lebih. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa kesiapan dan keandalan *lightning arrester* pada Gardu Induk 150 kv Mojosoongo dalam melindungi peralatan dan analisis penempatannya. Sesuai dengan prosedur pemeliharaan *arrester*, hal-hal yang perlu diuji antara lain adalah memeriksa rumah isolator secara visual, mengukur tahanan pentanahan, pengukuran tahanan antara elektroda dengan elektroda dan juga melaksanakan pengukuran jarak *lightningarrester* ke trafo. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan hasil perhitungan jarak maksimum *arrester* dengan *transformator* adalah 22,48 meter, sedangkan berdasarkan data jarak pengukuran dilapangan *arrester* 1 berjarak 4 meter sedangkan *arrester* 2 berjarak 26,7 meter dari *transformator*. *Arrester* 1 sangat baik untuk melindungi khusus trafo, sedangkan *arrester* 2 jauh lebih tinggi dari jarak maksimum sehingga tidak baik untuk melindungi *transformator*, tetapi baik untuk melindungi bagian *busbar/line*.

Kata Kunci : *LightningArrester, Transformator, Jarak Maksimum Arrester*

Abstract

Substation is one of the electrical systems that function to transform electrical power to be distributed to consumers. In the operation of substation there are several very important equipment, namely transformers, so the transformer must be installed with protective equipment to minimize the occurrence of disturbances. The protection system plays an important role in the sustainability and security of substation in supplying energy. The protection system has the function to protect the electric power system and the equipment itself from lightning surges and circuit surges. To maintain reliability and ensure proper functioning of the lightning arrester, it is necessary to carry out routine maintenance based on the procedure. Besides, the placement of the lightning arrester also affects arrester's performance in protecting the equipment from disturbances or overvoltages caused by lightning surges. The purpose of this study was to analyze the readiness and reliability of the lightning arrester on 150 kV Mojosoongo substation in protecting the equipment and to analyze its placement. In accordance with the arrester maintenance procedure, things that need to be tested include visually checking the insulator housing, measuring the grounding resistance, measuring the resistance between the electrode with the electrode and also measuring the distance of the lightning arrester to the transformer. Based on the research results, the calculation of the maximum distance between arrester and transformer is 22.48 meters, while based on the field measurement data, arrester 1 within 4 meters, while arrester 2 within 26.7 meters from the transformer. Arrester 1 is very good for protecting the transformer specifically, while arrester 2 is not good for protecting the transformer because it is still far above the maximum distance, but good for protecting the busbar / line.

Keywords : *Lightning Arrester, Transformer, Maximum Arrester Distance*

1. PENDAHULUAN

Listrik telah menjadi kebutuhan utama umat manusia, sehingga ketersediaan listrik harus tetap terjaga. Hal ini didukung dengan peralatan dan juga sumber daya manusia yang handal. Gardu Induk memiliki fungsi untuk mentransformasi daya listrik untuk disalurkan ke konsumen. Untuk menunjang kinerja pengoperasian gardu induk, terdapat beberapa peralatan. Salah satunya adalah *lightning arrester* atau biasa disebut *arrester*, yang memiliki fungsi untuk memproteksi peralatan listrik dari gangguan yang diakibatkan oleh surja petir. Terdapat beberapa faktor yang menyebabkan transmisi daya tidak normal pada gardu induk salah satunya ialah ketidak efektifan *arrester*, ataupun berupa kesalahan manusia maupun gangguan alam, seperti banjir, petir, angin topan, banjir, dll.

Prinsip dasar *Arrester* pada saat kondisi normal, berlaku sebagai isolator yaitu menahan arus yang bernilai kecil. Jika terjadi tegangan lebih atau surja, *arrester* akan bertindak sebagai penghantar, sehingga pemutus tenaga tidak sempat membuka. Salah satu hal yang sering terjadi di wilayah Gardu Induk Mojosoongo adalah surja petir dan surja hubung. Tingkat kerapatan petir di wilayah gardu induk Mojosoongo cukup tinggi, dikarenakan wilayah tersebut dikelilingi oleh pegunungan dan Indonesia terletak di wilayah tropis, sehingga perlu dilakukan penanggulangan yang serius terhadap sambaran petir. Penempatan arester yang optimal juga sangat mempengaruhi fungsi arester untuk melindungi peralatan dari gangguan. Penentuan penempatan *lightning arrester* dilakukan dengan mengukur jarak maksimum menggunakan persamaan dan membandingkan dengan kondisi dilapangan, apakah kondisi dilapangan sudah memenuhi standart.

Lightning arrester harus berada di depan setiap transformator dan harus terletak sedekat mungkin dengan *transformator*. Hal ini perlu karena pada petir yang merupakan gelombang berjalan menuju *transformator* akan melihat *transformator* sebagai ujung terbuka (karena *transformator* mempunyai isolasi terhadap bumi/tanah) sehingga gelombang pantulannya akan saling memperkuat dengan gelombang yang datang. Berarti *transformator* dapat mengalami tegangan surja dua kali besarnya tegangan gelombang surja yang datang (Sitorus, 2017).

Penempatan *arrester* untuk tegangan tinggi gardu induk dapat ditentukan dengan beberapa evaluasi dan proses merancang gardu induk, oleh karena itu kegagalan *arrester* selama *over voltage* dapat menyebabkan gardu induk berada dalam resiko kerusakan. Analisis studi mengungkapkan bahwa *arrester* dapat meningkatkan keandalan gardu induk, tapi keandalan tersebut juga bisa menurun seiring berjalannya waktu (Seyed & Taghi, 2015).

Apabila petir mengenai langsung ke penghantar, kemungkinan besar penghantar tersebut akan putus karena gelombang petir yang menimbulkan tegangan impuls melebihi BIL (*Basic Insulation Level*) dari penghantar. Kalau petir yang mengenai penghantar bukan sambaran langsung tetapi induksi dari petir, gerak dari gelombang petir itu mengalir ke segala arah dengan perkataan lain terjadi gelombang berjalan sepanjang jaringan yang menuju suatu titik pentanahan (Hajar & Rahman, 2017).

Sambaran petir merupakan gejala alam yang dianggap sebagai salah satu penyebab kerusakan dalam sistem jaringan distribusi, sambaran petir langsung biasanya menyebabkan *flashover* karena tingkat isolasi yang digunakan, *over voltage* yang disebabkan oleh petir tidak langsung biasanya rendah dan dapat dikurangi dengan *arrester*. Oleh karena itu tingkat *flashover* dapat dikurangi dengan mengoptimalkan *arrester* dan lokasi penempatan (Mbunwe & Gbasouzor, 2017)

Arrester ditempatkan sedekat mungkin dengan peralatan yang dilindungi. Tetapi untuk memperoleh kawasan perlindungan yang lebih baik, maka ada kalanya *arrester* ditempatkan dengan jarak tertentu dari peralatan *transformator* yang dilindungi. Jarak *arrester* dengan trafo yang dilindungi berpengaruh terhadap besarnya tegangan yang tiba pada trafo. Jika jarak *arrester* terlalu jauh, maka tegangan yang tiba pada trafo dapat melebihi tegangan yang dapat dipikulnya (Ependi, 2018).

2. METODE

2.1 Study Literatur

Study literatur merupakan proses pengumpulan referensi dari buku, penelitian terdahulu, serta jurnal yang berkesinambungan atau sebagai pendukung teori untuk mengerjakan penelitian “Analisis Pemeliharaan Dan Penentuan Letak *Arrester* Pada Gardu Induk 150 Kv Mojosongo”.

2.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan sebagai pendukung penelitian ini merupakan data PT. PLN (PERSERO) UPT Salatiga yang ada di Gardu Induk 150 kV Mojosongo. Pengambilan data dilakukan dengan cara meminta data yang sudah ada dan juga melakukan sedikit wawancara dengan operator maupun spv teknik gardu induk. Data yang diambil adalah data pemeliharaan *lightning arrester*, data spesifikasi arrester beserta data *transformator* yang dipakai di Gardu Induk Mojosongo. Sesuai dengan prosedur pemeliharaan *arrester*, hal-hal yang perlu diuji antara lain adalah memeriksa isolator secara visual apakah terjadi keretakan, mengukur tahanan pentanahan dari *arrester*, pengukuram tahanan antara elektroda dengan elektroda selain itu penulis juga melaksanakan pengukuran jarak *lightning arrester* ke *transformator*.

2.3 Analisis Data

Analisis data dilakukan setelah mengumpulkan data yang diperlukan. Data yang diperoleh akan dianalisa menggunakan standart pemeliharaan dan persamaan yang sudah ada. Dalam menganalisa data, seluruh perhitungan dihitung secara manual dan tidak ada metode lain yang digunakan.

2.3.1 Pemeliharaan *Arrester*

Diperlukan pemeliharaan yang baik terhadap peralatan untuk mendapatkan operasi yang optimal. Untuk pemeliharaan *arrester* terdiri dari :

a. Pemeliharaan rutin (harian)

Pemeliharaan rutin dilakukan dalam kondisi operasi.

Tabel 1. Pemeliharaan Harian

| No. | Peralatan / komponen yang diperiksa | Cara pelaksanaan |
|-----|-------------------------------------|---|
| 1. | DischargeCounter | Memeriksa discharge counter dan mencatat bila ada kenaikan |
| 2. | Rumah Isolator | Memeriksa rumah isolator secara visual (ada tidaknya keretakan) |
| 3. | Miliammeter | Memeriksa penunjukan miliammeter |

b. Pemeliharaan tahunan

Pemeliharaan tahunan harus dilakukan dalam keadaan non-operasional, dan harus dilakukan sebelum hujan turun.

Tabel 2. Pemeliharaan Tahunan

| No. | Komponen yang diperiksa | Cara pelaksanaannya |
|-----|---|--|
| 1. | Rumah isolator | Membersihkan rumah isolator dan memeriksa apakah ada keretakan |
| 2. | Tahanan antara elektroda dengan elektroda | Mengukur tahanan antara elektroda dengan elektroda apakah masih memenuhi persyaratan |
| 3. | Tahanan pentanahan | Mengukur tahanan pentanahan arrester apakah masih memenuhi persyaratan |
| 4. | Miliammeter | Melakukan pengujian fungsional |
| 5. | Discharge counter | Melakukan pengujian fungsional |

c. Pemeliharaan 10 tahunan

Dilakukan dengan mengirimkan arrester ke laboratorium untuk diuji ulang kelayakannya.

2.3.2 Penentuan Letak *Arrester*

Data yang diperoleh kemudian dihitung:

a. Tegangan sistem maksimal

$$V_{max} = V_{nominal} \times 110\% \quad (1)$$

b. Tegangan pengenalan *arrester*

Tegangan pengenalan *arrester* ialah tegangan fasa rms ke fasa tertinggi, dikalikan dengan koefisien pembumian

$$V_p = V_{max} \times 1,0 \quad (2)$$

c. Tegangan terminal *arrester*

Menentukan tegangan terminal *arrester* dapat menggunakan tabel karakteristik *arrester*

d. Tegangan percikan impuls maksimal

Menentukan besarnya tegangan percikan impuls maksimal dapat menggunakan tabel karakteristik *arrester*

e. Tegangan kerja *arrester*

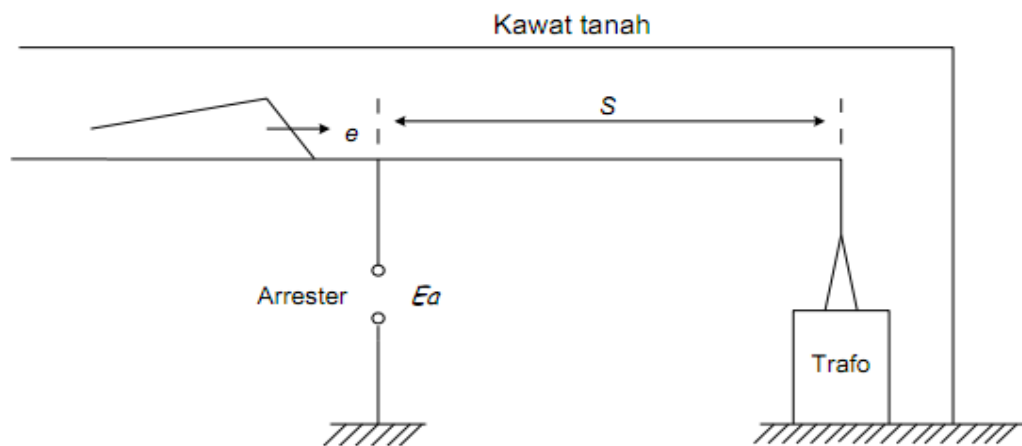
Besar tegangan kerja *arrester* dapat ditentukan menggunakan tabel karakteristik *arrester*.

f. Menentukan faktor perlindungan *arrester*

$$Fp = \frac{TID \text{ trafo} - TP}{TID \text{ trafo}} \times 100\% \quad (3)$$

g. Jarak penempatan *arrester* terhadap *transformator*

Proteksi yang baik dapat diperoleh apabila *arrester* dipasang dekat dengan *transformator*. Pemasangan *arrester* memiliki cakupan yang terbatas sehingga tidak boleh melebihi dari perhitungan persamaan jarak. Hanya saja dalam prakteknya, *arrester* dipasang dengan jarak S dari peralatan, supaya perlindungan berjalan dengan baik.



Gambar 1. Jarak *arrester* yang dihubungkan oleh saluran udara

Menentukan jarak yang baik antara *arrester* dengan trafo apabila *arrester* dihubungkan melalui saluran udara terhadap alat yang dilindungi dapat dihitung dengan persamaan.

$$Ep = Ea + 2 A \frac{S}{v} \quad (4)$$

dengan :

Ep = tingkat isolasi dasar trafo (kV)

Ea = tegangan pelepasan *arrester* (kV)

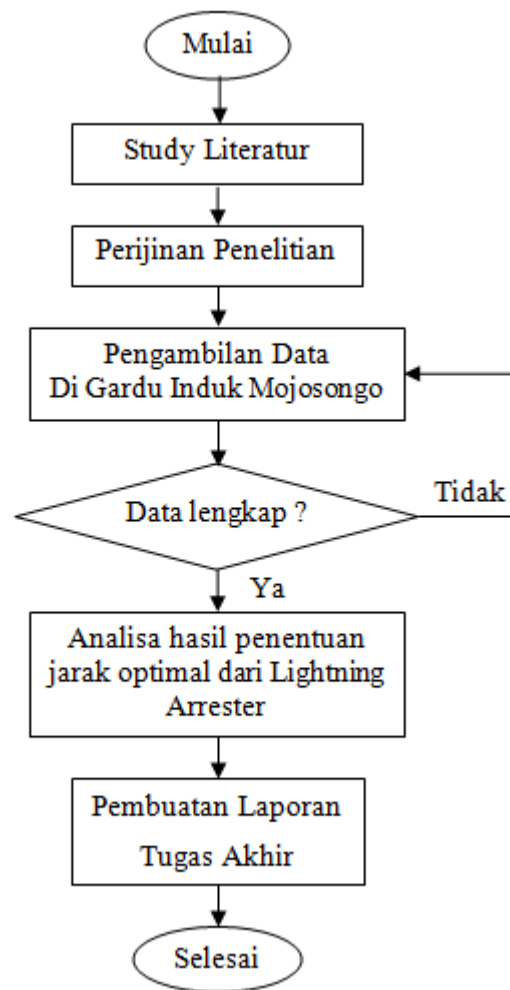
A = kecuraman gelombang (kV/ μ s)

S = jarak antara *arrester* dengan *transformator* (m)

v = kecepatan merambat gelombang (m/ μ s)

Setelah data terkumpul semua dan perhitungan selesai barulah dapat dilakukan analisis. Dari data pemeliharaan, akan diambil analisa dengan cara membandingkan hasil pengujian dari tahun sebelumnya dan membandingkan dengan standart apakah masih layak pakai atau tidak. Sedangkan untuk penentuan letak *arrester* dianalisa menggunakan metode perbandingan hasil perhitungan jarak penempatan *arrester* secara matematis dengan perhitungan jarak yang ada dilapangan, apakah *lightning arrester* yang terpasang efektif dalam melindungi peralatan atau tidak.

2.4 Flowchart Penelitian



Gambar 2. Flowchart Tugas Akhir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 *Lightning Arrester* yang Terpasang pada Gardu Induk 150 kV Mojosoongo

Arrester yang terpasang berjumlah 6 *arrester*, 4 *arrester* terpasang pada ujung saluran yang berguna sebagai pelindung peralatan jaringan khususnya bagian sistem jaringan busbar, untuk 2 *arrester* lagi terpasang disekitar trafo yang berfungsi sebagai pengaman khusus trafo.

Daftar *lightning arrester* yang terpasang pada gardu induk 150 kv Mojosoongo

Tabel 3. Daftar *Arrester*

| No | <i>Merk / Type</i> | Terpasang | <i>Rated Current</i> | <i>Voltage</i> |
|----|--------------------------------|-----------------------|----------------------|----------------|
| 1. | PARAFOUDRE HML | BAY TRAF0 1 | 10 KA | 150 kV |
| 2. | ALSTHOM ATLANTIQUE PSC 150Y | BAY TRAF0 2 | 10 KA | 150 kV |
| 3. | PARAFOUDRE HML | BAY P. BRINGIN 1 | 10 KA | 150kV |
| 4. | MITSUBISHI MAL P | BAY P. BRINGIN 2 | 20 KA | 138 kV |
| 5. | PEXLIM P150-XV170 | BAY P. BANYUDONO 1 | 65 KA | 150 kV |
| 6. | PEXLIM P150-XV170 | BAY P. BANYUDONO 2 | 65 KA | 150 kV |

Berikut adalah data *arrester* yang terpasang pada bay trafo 2 dan *arrester* pada bay bringin 1 yang akan dianalisa :

a) *Lightning arrester* yang terpasang pada bay Trafo 2

Merk : Alsthom Atlantique

Type : PSC 150 Y

Rated Voltage : 150 kV

Rated Current : 10 KA

b) *Lightning arrester* yang terpasang pada bay Bringin 1

Merk : Parafoudre

Type : HML

Rated Voltage : 150 kV

Rated Current : 10 KA

3.2 Pemilihan Tingkat Pengenal *Lightning Arrester*

Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk menentukan tegangan pengenal *arrester* agar sesuai dengan karakteristik tegangan *arrester* saat bekerja. Karakteristik *arrester* bisa dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Karakteristik *Arrester*

| <i>Arrester Rating</i> | F.O.W | <i>10 kA Light and Heavy-duty and 5 kA Series A</i> | |
|------------------------|-------------|---|-------------------|
| kV rms | kV/ μ s | Std kV. peak | F.W.O kV. Peak |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 0.175 | 10 | - | - |
| 0.280 | 10 | - | - |
| 0.500 | 10 | - | - |
| 0.660 | 10 | - | - |
| 3 | 25 | 13 | 15 |
| 4.5 | 37 | 17.5 | 20 |
| 6 | 50 | 22.6 | 26 |
| 7.5 | 62 | 27 | 31 |
| 9 | 75 | 32.5 | 38 |
| 10.5 | 87 | 38 | 44 |
| 12 | 100 | 43 | 50 |
| 15 | 125 | 54 | 62 |
| 18 | 150 | 65 | 75 |
| 21 | 175 | 76 | 88 |
| 24 | 200 | 87 | 100 |
| 27 | 225 | 97 | 112 |
| 30 | 250 | 108 | 125 |
| 33 | 275 | 119 | 137 |
| 36 | 300 | 130 | 150 |
| 39 | 325 | 141 | 162 |
| 42 | 350 | 151 | 174 |
| 51 | 425 | 184 | 212 |
| 54 | 450 | 195 | 224 |
| 60 | 500 | 216 | 250 |
| 75 | 625 | 270 | 310 |
| 84 | 700 | 302 | 347 |
| 96 | 790 | 324 | 271 |
| 102 | 830 | 343 | 394 |
| 108 | 870 | 363 | 418 |
| 120 | 940 | 400 | 463 |
| 126 | 980 | 420 | 485 |
| 138 | 1030 | 460 | 530 |
| 150 | 1080 | 500 | 577 |
| 174 | 1160 | 570 | 660 |
| 186 | 1180 | 610 | 702 |
| 198 | 1200 | 649 | 746 |

3.3 Pengujian di lapangan

I. Check List :

Tabel 5. Check List Pemeriksaan LA

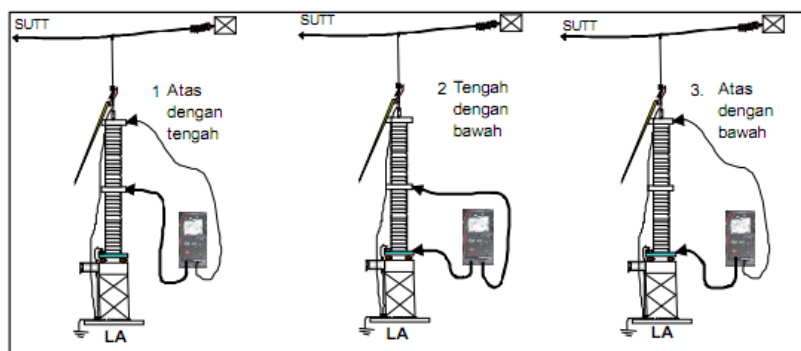
| No. | Peralatan yang diperiksa | Kondisi Awal | Kondisi Akhir |
|-----|---------------------------------|--------------|---------------|
| 1. | Pentanahan (<i>Grounding</i>) | | |
| | 1.1 Kawat Pentanahan | Baik | Baik |
| | 1.2 Terminal Pentanahan | Baik | Baik |
| 2. | Isolator | | |
| | 2.1 Kebersihan | Kotor | Bersih |
| | 2.2 Retak – retak | Tidak Ada | Tidak Ada |
| | 2.3 <i>Isolator Support</i> | Kotor | Bersih |
| 3. | Kekecangan Baut | | |
| | 3.1 Terminal Utama | Kencang | Kencang |
| | 3.2 Pentanahan | Kencang | Kencang |
| 4. | Pondasi | | |
| | 4.1 Keretakan | Tidak Ada | Tidak Ada |
| | 4.2 Kemiringan | Tidak Ada | Tidak Ada |

Berdasarkan keterangan tersebut untuk kondisi awal diambil ketika pengecekan secara visual sebelum dilaksanakan pemeliharaan. Kemudian untuk kondisi akhir adalah kondisi dimana setelah dilaksanakan pemeliharaan. Berdasarkan hasil uji secara visual diatas, dapat diambil kesimpulan bahwa kondisi keseluruhan dari konstruksi *arrester* masih baik dan masih layak untuk terus beroperasi. Berdasarkan visual belum perlu untuk dilaksanakan penggantian.

II. Hasil Uji

1. Tahanan Insulasi ($M\Omega$)

Pengukuran dilaksanakan dalam kondisi tidak bertegangan (padam).



Gambar 3. Skema Pengukuran Tahanan Insulasi di LA

Tabel 6. Pengujian Tahanan Insulasi**Megger : 5000 V****0 - >1000G Ω**

| Titik Ukur | | Atas - Tanah | Atas - Ground | Bawah - Ground |
|------------|------------|-----------------|---------------|----------------|
| Fasa R | Standard | 1kV/1M Ω | | |
| | Thn. Lalu | 30 400 | 178 000 | 65 300 |
| | Hasil Ukur | 737 000 | 510 000 | 112 000 |
| Fasa S | Standard | 1kV/1M Ω | | |
| | Thn. Lalu | 41 500 | 365 000 | 150 000 |
| | Hasil Ukur | 242 000 | 250 000 | 93 000 |
| Fasa T | Standard | 1kV/1M Ω | | |
| | Thn. Lalu | 736 000 | 426 000 | 55 300 |
| | Hasil Ukur | >1 000 000 | 666 000 | 76 800 |

Pengukuran nilai tahanan insulasi bertujuan untuk mengetahui kemampuan insulasi *lightning arrester* pada tegangan operasional. Berdasarkan hasil uji diatas bahwa fasa R dan fasa T mengalami kenaikan nilai pengukuran, lalu pada fasa S mengalami penurunan pada titik atas-ground dan bawah-ground. Sedangkan pada fasa T titik atas-tanah mengalami kenaikan diatas 1.000.000 M Ω dan nilai pengukuran pada titik ukur fasa-tanah mengalami kecenderungan naik pada ketiga fasa. Perbedaan hasil pada pengujian dapat terjadi karena saat melakukan pengukuran tidak maksimal posisi jepit alat uji atau terdapat debu yang menempel pada peralatan yang diuji, sehingga pengambilan nilai uji tidak maksimal. Selain itu faktor yang mempengaruhi nilai tahanan insulasi adalah faktor alat ukur itu sendiri.

2. Tahanan Pentanahan (Ω)

Pengukuran tahanan pentanahan dilaksanakan dalam kondisi tidak bertegangan.

Tabel 7. Pengujian Tahanan Pentanahan

| Titik ukur | | Tahanan Pentanahan |
|------------|------------|--------------------|
| Fasa R | Standard | $< 1 \Omega$ |
| | Tahun Lalu | 0,4 |
| | Hasil Ukur | 3 |
| Fasa S | Standard | $< 1 \Omega$ |
| | Tahun Lalu | 0,4 |
| | Hasil Ukur | 3 |
| Fasa T | Standard | $< 1 \Omega$ |
| | Tahun Lalu | 0,4 |
| | Hasil Ukur | 3 |

Pengukuran ini berfungsi untuk mengetahui kondisi sistem pentanahan *lightning arrester*. Nilai pentanahan yang tinggi menunjukkan adanya kejanggalan pada sistem pentanahan *lightning arrester*. Hal ini bisa disebabkan karena kondisi cuaca yang mempengaruhi pentanahan. Untuk menindaklanjuti hal tersebut perlu adanya pembaruan *grounding* atau pentanahan ulang. Hal ini pun juga sudah mulai dikerjakan oleh pihak gardu induk.

3. Counter Arrester

Tabel 8. Pengujian Counter Arrester

| Counter Arrester | Fasa R | | Fasa S | | Fasa T | |
|------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Counter Arrester | Tahun Lalu | Hasil Ukur | Tahun Lalu | Hasil Ukur | Tahun Lalu | Hasil Ukur |
| | 15 | 15 | 9 | 9 | 19 | 19 |

Berdasarkan hasil uji diatas dapat diambil kesimpulan bahwa di tahun-tahun sebelumnya *arrester* mendapatkan surja sebanyak 15 kali. Setelah diadakan pengujian kembali tidak menunjukkan penambahan pada *counter arrester*. Itu artinya dari pengukuran sebelumnya hingga pengukuran sekarang belum terjadi surja pada jaringan gardu induk. Pengujian ini diambil dalam periode pemeliharaan tahunan. Dalam kasus seperti ini perlu adanya pengujian lebih terhadap *counter arrester* dengan tujuan untuk mengetahui apakah *counter arrester* masih bekerja dengan baik ataukah

memang tidak terjadi surja selama periode pemeliharaan tahunan tersebut. Hal tersebut dilaksanakan dengan cara memberikan impuls tenaga DC pada *counter arrester*. Jika dalam kondisi baik, *counter* akan bertambah.

3.4 Menentukan tegangan pengenalan *arrester*

- a) Tegangan sistem maksimum

$$= V_{\text{nominal}} \times 110\%$$

$$= 150 \times 1,1$$

$$= 165 \text{ kV}$$

- b) Tegangan pengenalan *arrester*

$$= 165 \text{ kV} \times 1,0$$

$$= 165 \text{ kV}$$

- c) Menentukan tegangan terminal *arrester*

Arrester yang digunakan mempunyai tegangan pengenalan 150 kV dengan kecuraman surja ($\frac{dv}{dt}$) dari tabel karakteristik *arrester* adalah 1080 kV/ μ detik. Jadi kecepatan naiknya tegangan surja adalah :

$$\frac{1080 \text{ kV}/\pi \text{ detik}}{150 \text{ kV}} = 7,2 \text{ kV}/\pi \text{ detik}$$

- d) Menentukan tegangan percikan impuls maksimum

Untuk menentukan besar tegangan percikan impuls maksimum dengan tegangan pengenalan *arrester* 150 kV, maka dengan menggunakan tabel karakteristik diperoleh sebesar 577 kV

- e) Menentukan tegangan kerja *arrester*

Berdasarkan tabel karakteristik diperoleh tegangan kerja *arrester* sebesar 500 kV

- f) Menentukan faktor perlindungan *arrester*

Dalam menentukan faktor perlindungan, maka yang pertama – tama dihitung adalah tingkat perlindungan *arrester* yaitu :

Tingkat perlindungan:

$$= V_a \times 1,1$$

$$= 500 \times 1,1$$

$$= 550$$

Jadi faktor perlindungannya adalah :

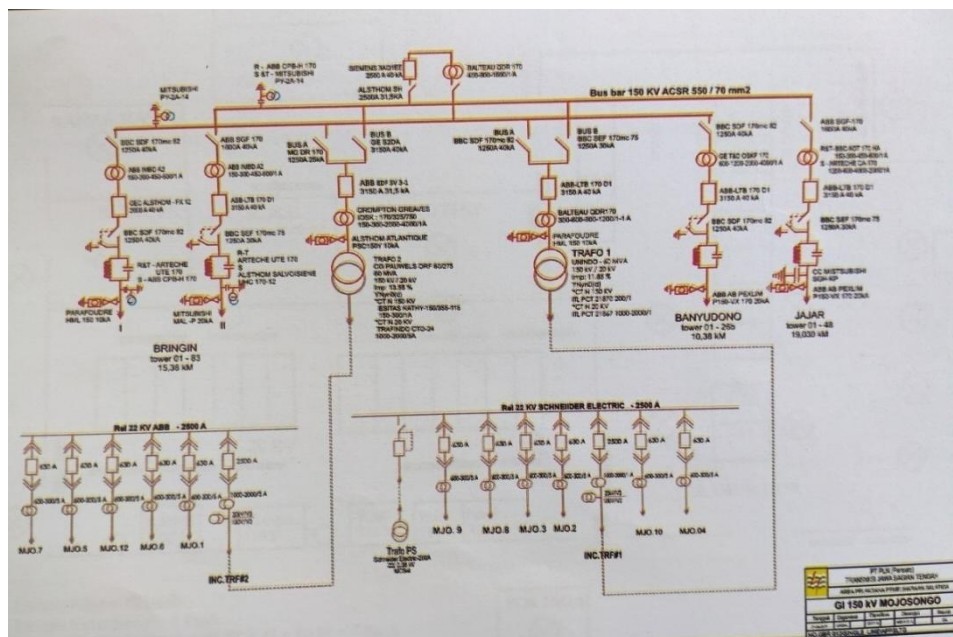
$$F_p = \frac{650 - 550}{650} \times 100\%$$

$$F_p = 15,385 \%$$

3.5 Analisa Optimasi Penempatan *Lightning Arrester*

Arrester harus ditempatkan dekat dengan trafo yang dilindungi. Untuk memperoleh kawasan perlindungan yang lebih baik, maka *arrester* diletakkan pada jarak yang sudah ditentukan supaya trafo dapat dilindungi dengan baik. Jarak antara *arrester* dengan trafo berpengaruh terhadap besarnya tegangan yang tiba di trafo. Apabila jarak *arrester* terlalu jauh, maka tegangan yang tiba pada trafo dapat melebihi kapasitas tegangan yang dimilikinya. Apabila jarak *arrester* dengan trafo masih dalam batas yang diijinkan, maka trafo masih dapat terlindungi dengan baik.

3.5.1 Penentuan Letak Maksimal *Lightning Arrester*



Gambar 4. Single Line Gardu Induk

Secara umum *arrester* melindungi peralatan terhadap gangguan yang diakibatkan sambaran petir. *Arrester* ini memiliki jarak maksimal untuk memproteksi peralatan. Pemasangan *arrester* tersebut tidak boleh melebihi dari perhitungan karena *arrester* memiliki perlindungan yang terbatas. *Arrester* yang akan dianalisa hanya *arrester* pada bay trafo 2 dan *arrester* pada bay bringin 1, berikut ini adalah data *arresternya*:

a) Trafo 2

| | |
|--------------------|-----------|
| Merk | : CG |
| Type | : PAUWELS |
| Tegangan sistem | : 150 kV |
| Daya transformator | : 60 MVA |
| BIL transformator | : 650 kV |

- b) *Lightning arrester* 1 yang terpasang pada bay trafo 2

Arrester 1 terpasang sebelum trafo yang berfungsi sebagai proteksi khusus trafo. Jarak *arrester* 1 dengan trafo di lapangan adalah 4 m.

- c) *Lightning arrester* 2 yang terpasang pada bay bringin 1

Arrester 2 terpasang pada ujung saluran sebagai pelindung sistem jaringan *busbar* / *line*. Jarak *arrester* 2 dengan trafo di lapangan adalah 26,7 m.

3.5.2 Perhitungan Jarak Maksimal *Lightning Arrester* dengan Peralatan

Tegangan transmisi trafo sebesar 150 kV dengan BIL 650 kV. *Arrester* melindungi trafo dengan tegangan kerja sebesar 500 kV, kecepatan rambat gelombang berjalan pada kawat udara sama dengan kecepatan cahaya dalam hampa udara sebesar 300 m/ μ dt, surja petir sebesar 1000 du/dt, maka diperoleh jarak optimal sebesar :

$$Ep = Ea + 2 A \frac{S}{v}$$

$$650 = 500 + 2 \frac{1000 S}{300}$$

$$650 = 500 + 6,67S$$

$$-6,67S = 500 - 650$$

$$-6,67S = -150$$

$$-S = -22,48$$

$$S = 22,48$$

Jadi jarak maksimal antara *arrester* dengan trafo yaitu $S = 22,48$ m kemudian jarak S pada *arrester* 1 bay trafo 2 yaitu sepanjang 4 m sedangkan pada *arrester* 2 bay bringin 1 yaitu sepanjang 26,7 m.

4. PENUTUP

4.1 KESIMPULAN

Dari hasil jarak *arrester* yang telah dihitung dan dianalisa, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- 1) Kondisi *lightning arrester* masih dalam kondisi yang baik sesuai dengan standar setelah dilakukan pengujian.
- 2) Terdapat kenaikan pada hasil pengujian tahanan pentanahan karena adanya faktor anomali / kegagalan pada pentanahan *lightning arrester*.
- 3) Jarak optimal perhitungan antara *arrester* dengan *busbar* adalah sebesar 22,48 m sedangkan pada pengukuran di lapangan *arrester* 1 bay trafo 2 yang terpasang sebelum trafo yaitu 4 m dan *arrester* 2 bay bringin 1 yang terpasang pada ujung saluran yaitu sejauh 26,7 m.

- 4) Jarak *arrester* 1 perlindungannya dikatakan baik untuk melindungi trafo dari sambaran petir karena masih dibawah hasil perhitungan dan untuk *arrester* 2 kurang baik untuk melindungi trafo karena sangat jauh diatas jarak maksimum, maka dari itu *arrester* 2 lebih baik untuk melindungi peralatan yang ada disekitar *busbar / line*.
- 5) Pemeliharaan berkala sesuai dengan prosedur pada *arrester* diperlukan untuk mendapatkan operasi yang optimal, mengingat fungsinya sebagai sistem *proteksi* terhadap sambaran petir maupun surja hubung.

4.1 PERSANTUNAN

Ucapan puji syukur dan terimakasih kepada Allah SWT yang telah memberikan kelancaran bagi penulis dan juga penulis mengucapkan terimakasih kepada kedua orang tua yang telah berkorban agar penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini. Penulis mengucapkan terimakasih juga kepada Bapak Umar S.T.,M.T. yang telah membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Terimakasih juga kepada semua staff di Gardu Induk 150 kV Mojosongo yang sudah membimbing saya dalam penelitian tugas akhir, terimakasih juga buat kekasih hati dan teman-temanku yang telah memberikan semangat dan dukungan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- Ibnu Hajar, 2017. *Kajian Pemasangan Lightning Arrester Pada Sisi Hv Transformator Daya Unit Satu Gardu Induk Teluk Betung*, Jakarta..
- Izzan Julda De Purwadi Putra, 2019. *Analisis Pemeliharaan Dan Penentuan Lightning Arrester Bay Baweb 2 Gardu Induk 150 kV klaten*, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- David Kurniawan, 2018. *Analisa Optimasi Penentuan Letak Optimum Lightning Arrester pada Gardu Induk Wonogiri 150 kV*, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Harun Al Rasyid, 2020. *Studi Evaluasi Kemampuan Arrester Sebagai Pengaman Transformator di Gardu Induk 150 kV Palur*, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Sitorus, CHL, 2017. *Studi Analisis Pemilihan dan Pemasangan Arrester Transformator pada Gardu Induk Pematang Siantar*, Universitas HKBP Nommensen, Medan.
- Syarif Hidayat, 2014. *Lightning Protection System On Overhead Distribution Line Using Multi Chamber Arrester*. Power Engineering and Renewable Energy (ICPERE), International Conference.

- Seyed Ahmad Hosseini and Taghi Barforoshi, 2015. *Impact of Surge umber and Placement on Reliability and Lightning Overvoltage Level in High Voltage Subtation*. International Journal of Electrical Power & Energy System, Volume 65.
- Mbunwe Moncho Josephine & Gbasouzor Austin ikechukwu, 2017. *Performance of Surge Arrester Installation to Enchane Protection*, International Journal of Astes, Volume 2, Issue 1, Page no 197-205, 2017.
- Ibnu Hajar & Eko Rahman, 2017. *Kajian Pemasangan Lightning Arrester Pada Sisi HV Transformator Daya Unit Satu Gardu Induk Teluk Betung*, Sekotah Tinggi Teknik PLN, Jakarta.
- PT. PLN (PERSERO), 2014. *Buku Pedoman Pemeliharaan Lightning Arrester*, Jakarta.
- PT. PLN (PERSERO), 2014. *Himpunan Buku Pedoman Pemeliharaan Primer Gardu Induk*, Jakarta.
- PT. PLN (PERSERO), 2010. *Buku Pedoman Pemeliharaan dan Asesmen Kondisi Peralatan Sistem Tenaga*. Lightning Arrester, Jakarta.